云南植物研究 2008, 30 (2): 190～194
Acta Botanica Yunnanica DOI: 10.3724/SP. J. 1143. 2008. 07178

疏花水柏枝种子结构特征的研究*

陶 勇，陈 防，万开元，李建强**，孟爱平，陈树森
(中国科学院武汉植物园，湖北 武汉 430074)

摘要：对长江三峡库区特有河岸植物疏花水柏枝的种子适宜于水力传播的结构特征进行了研究，结果表明，成熟种子具直立型胚，无胚乳。种皮细胞一层，其外围有较厚的脂质层。胚轴和子叶的细胞均纵列排列，具较大列间隙，有时，在胚轴上可见位置不定的坑。胚根区有栅栏状细胞，珠孔区以上有薄壁细胞解体后形成的断裂层。中央维管网贯穿胚体，其盲端区常出现不能与之连通的局部输导组织。种子的结构特征为水力扩散提供了便利，但也限制了扩散效力。本文可为该物种的种群构建等生态学研究提供生物学根据。

关键词：疏花水柏枝；种子扩散；结构特征；直立型胚
中图分类号：Q 944，Q 948.11 **文献标识码**：A **文章编号**：0253-2700 (2008) 02-190-05

Study on Structural Traits of Seed of *Myricaria laxiflora* (Tamaricaceae)

TAO Yong，CHEN Fang，WAN Kai-Yuan，LI Jian-Qiang**，
MENG Ai-Ping，CHEN Shu-Sen
(*Wuhan Botanical Garden*，*Chinese Academy of Sciences*，Wuhan 430074，China)

Abstract: The anatomy structure traits suitable for long-distance hydrochory，of the seed of *Myricaria laxiflora*，an endemic riverain shrub，distributed along the Yangtze River from Chongqing to Yichang，were investigated . Results suggest that a mature seed，without endosperm，involves an erect embryo，and one layer of seed coat cells，outside of which is covered with a thick layer of lipid integument . The cells of hypocotyl and cotyledon array like longitudinal lines，and between the lines，an obvious linear gap can be seen . Sometimes，pits may appear in hypocotyl areas . In radicle areas，there are palisade cells and a lucuna which located above micropyle and formed via knockdown parenchyma cells . The central vascular strand goes through major part of embryo，and in the areas to where the central vascular strand can not extend，there exists a regional conducting system . The structural traits of seed facilitate species spreading but contrarily confine its efficacy . The results can provide biological foundations for ecological researches related to its population construction .

Key words: *Myricaria laxiflora*；Seed dispersal；Structural traits；Erect embryo

近年来，柽柳科植物系统学和分类学的研究报道较多 (魏岩等，1999；华丽等，2004)，而对种子形态特征，特别是解剖结构的研究只有少数报道 (张元明等，1998)，还有待于深入研究 (张元明等，2001)。

疏花水柏枝 (*Myricaria laxiflora* (Franch .) P . Y . Zhang et Y . J . Zhang) 系柽柳科水柏枝属的多年生灌木，是三峡库区特有、濒危物种。因其仅分布于重庆巴南至湖北宜昌长江沿岸狭长的洪水涨落带中下部，所以成为唯一一种因三峡大坝建立而失去其原生生境的植物。其果实为蒴果，种子轻、小、数量多，自然寿命仅6～7 d，靠水力远距离传播 (Chen and Xie，2007)。进入水流中的种子1 d内萌发，可以漂流很长时间，但漂流

---

* 基金项目：中国科学院方向性项目 (KSCX2-SW-104)
** 通讯作者：Author for correspondence；E-mail：lijq@rose. whiob. ac. cn
收稿日期：2007-08-22，2007-10-18 接受发表
作者简介：陶勇 (1967-) 男，湖北人，在读博士研究生，主要从事植物生态学研究。

时间超过 2 d 后再着陆，小苗就不能存活定居（陶勇，博士论文）。所以，该物种种群的扩展与种子水力扩散能力直接相关，受种子自身特点的严格制约。

研究种子对扩散的适应生物学特点是物种扩散生态学理论最重要的内容之一（Hiroki and Nakanishi，2002）。疏花水柏枝作为河岸物种之一，其种子具有哪些特征性结构适宜水力远距离传播？研究这个问题对理解该物种的进化，揭示其种群的扩散、构建等生态学规律具有重要理论意义。

1　材料与方法

2004年9月中旬选择晴好天气，采集栽培在武汉植物园内的疏花水柏枝种子。采集种子时以蒴果刚刚开裂，种毛银白色为统一标准。种子采集后，经过去毛、净化等过程并立即在 FAA 溶液中固定 24 h 以上。梯度异丁醇浓度脱水，固绿染色，常规石蜡切片法切片，厚度 8 μm。日产 Olympus 显微系统观察并拍照。

2　观察结果

2.1　种子的总体结构

疏花水柏枝种子纵切面的总体结构见图 1：1（A～G）和图1：2。胚根、胚轴、胚芽处同一直线，双子叶直立（A），属直立型胚，成熟的种子无胚乳结构（图 1：1，2）。一层种皮细胞（B），其外围有一层较厚的无定形的脂质层，在制片过程中常与种皮脱离（C）。胚根处于珠孔端，而子叶处于合点端（图2：2（M））。

2.2　胚体细胞特点

子叶占整个胚体体积和解剖结构的 55%以上，而胚芽、胚根和胚轴仅占不足 45%，胚轴和子叶的细胞均呈纵列排列，与种子的纵切面方向平行，列与列之间呈现较大的列间隙（图 1：3（H））（有的列间隙超过细胞纵列宽度）。有时，在胚轴上可见位置不定的坑体（pit）（图 1：3（I）），并且腔隙周围的细胞往往与邻近细胞外形上有差异（图1：3）。

胚根区域的细胞具备以下特点，分生细胞（F）通常较小，细胞质浓厚，与邻近的胚轴细胞表现为明显不同的外形。在分生细胞以下有一层栅栏状纵向排列的细胞（图 1：1、图 2：1、图1：2（G））。栅栏细胞以下，珠孔以上区段有一个明显的细胞腔隙，腔隙内还可看到解体后的薄壁细胞残体（图1：1、图 2：1（J））。

在显微镜下可以看到，由胚芽和胚根分生组织分化出的中央维管束（central vascular strand）贯穿胚根、胚芽、胚轴和子叶。在子叶中，这些输导组织盲端后不能到达的区域，常出现局部的输导组织（图 2：3a、3b（L）），它们一般不能与主体输导组织连通。在合点端还可看到由胎座伸向胚珠的导管系统残留（图2：2（N））。

3　讨论

植物的种子经由风力、水力、重力或者动物体的作用而扩散后，才能完成发芽、生长、定居、种群构建等后续过程。种子及其附属器官在外形和结构上与这些扩散媒体的作用是相适应和匹配的。许多研究表明，通过长期的适应和进化，生活在河岸生境中的植物物种形成了一些特殊的生活史特点，使植物体面对不可预测的洪脉冲时，能提前准备应对各种可能的逆境胁迫，保证植物的生存，如花期长，能释放大量不严格要求发芽条件、扩散效率高的小种子（Perrins 等，1992；Thompson 等，1995；Williamson and Fitter，1996；Goodwin 等，1999；Higgins 等，2003；Pysek and Hulme，2005），这些种子因为浮力大，所以机动性强（Lopez，2001；Jansson 等，2005），因而具有远距离传播的潜能（Nakanishi，1985，1988）。种子的浮力对决定水播效率具有重要意义（Johansson 等，1996；Nilsson 等，2002；Boedeltje 等，2003）。为增加种子浮力，许多种子在结构和形态上具有特殊的表现。如种子密度低、内部组织具有“软木塞”一样的结构，并且常伴有较大的空气腔（Van der Pijl，1972；Lopez，2001），组织内充满气体。外种皮上有种毛、蜡质或脂质层结构（Sculthorpe，1967）等。另外，水力扩散的种子常具有非渗透性的种皮，能阻止吸水和代谢活动，使种子避免缺氧症状（Murray，1986）。

疏花水柏枝种子脱离母株后需要经历两次扩散才能远距离传播，第一次是通过风力作用的初级扩散，第二次是通过水力作用的次级扩散。种子在外形和内部结构上都分化出适宜传播的各种特点。从外形上看，种子轻小，顶端具有密被种毛的芒柱，能适应风力的传播。在内部结构上，

种子的种皮细胞外有一层厚厚的脂质层，脂质是疏水的，可以延长种子在水表的漂浮时间。其次，子叶内纵列细胞之间的列隙大，降低了种子的比重，而且在胚轴上不定区域也出现一些坑体 (pit)，这些坑体中可能充满了气体，可以增大种子在水表的浮力。Hiroshi 等 (2006) 对两种河岸

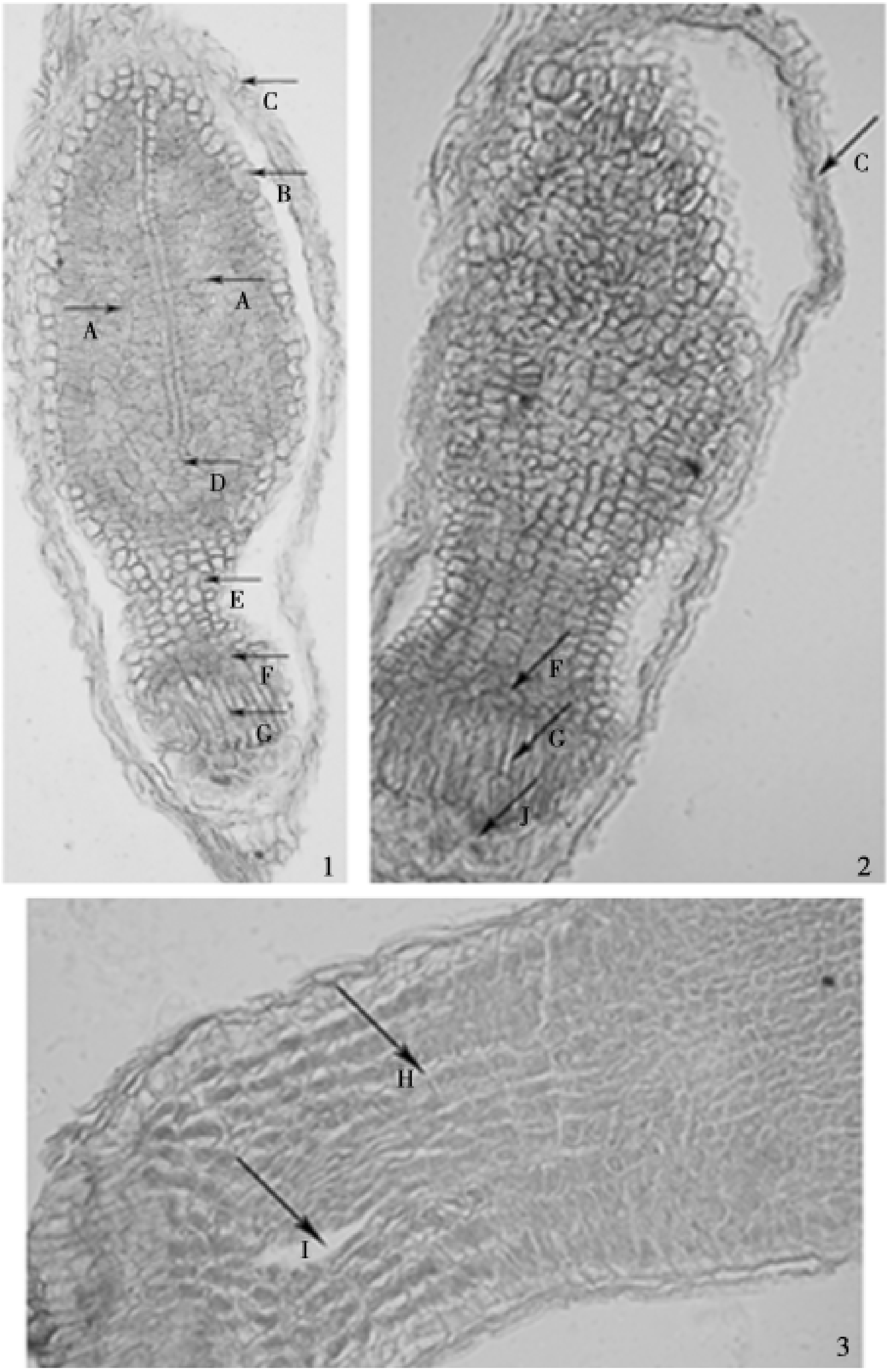

图 1　1. 种子纵切面的整体结构，×100；2. 种子纵向弦切面整体结构，×100；3. 子叶、胚轴细胞排列特点，×200
A. 子叶；B. 种皮细胞；C. 种皮细胞外围脂质层；D. 胚芽生长点细胞；E. 胚轴；F. 胚根生长点细胞；G. 胚根生长点下的栅栏细胞；H. 细胞纵向成列排列，列间有较大间隙；I. 胚轴区域有时出现坑 (pit)；J. 胚根栅栏细胞与珠孔间有较大腔隙

Fig. 1　1. The integrative structure of longitudinal section of seed, ×100; 2. The integrative structure of tangential section of seed, ×100; 3. The array traits of cells in cotyledon and hypocotyls, ×200

A. cotyledon; B. cells of seed coat; C. the lipid layer on the outside of seed coat cells; D. meristematic cells in plumula; E. hypocotyls; F. meristematic cells in radicula; G. palisade cells under meristematic cells in radicula; H. cells that longitudinally and linearly array and gaps between the arrays; I. lacuna in hypocotyls; J. lacuna between micropyle and palisade cells in radicula

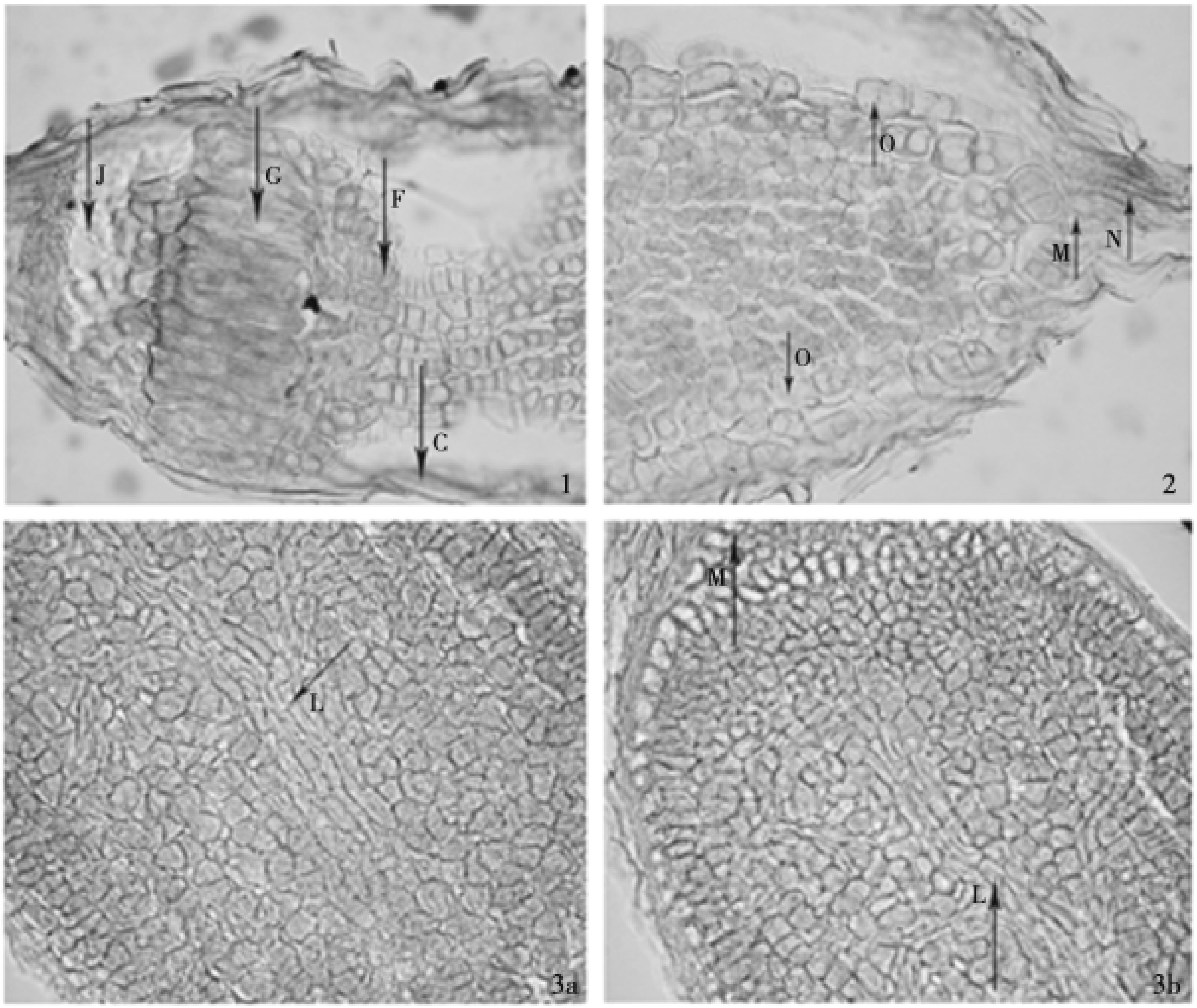

图 2　1．胚根区结构特点，×400；2．子叶、合点区结构，×400；3a、3b．子叶内局部输导系统，×400

C．种皮细胞外围脂质层；F．胚根生长点细胞；G．胚根生长点下的栅栏细胞；J．胚根栅栏细胞与珠孔间有较大腔隙；L．子叶上的局部输导系统；M．合点；N．合点残留导管；O．子叶表皮细胞

Fig．2　1．The structural traits of cells in radicula，×400；2．The structure of cotyledon and chalaza region，×400；3a，3b．The regional conducting system in cotyledon，×400

C．the lipid layer on the outside of seed coat cells；F．meristematic cells in radicula；G．palisade cells under meristematic cells in radicula；J．lacuna between micropyle and palisade cells in radicula；L．the regional conducting system in cotyledon；M．chalaza；N．the residual vassle in chalaza；O．epidermic cells in cotyledon

木槿属植物 *Hibiscus moscheutos* L．和 *H*．*tiliaceus* L．的种子解剖研究发现，它们的种皮厚、不透水、种皮内部存在有空气腔，这些结构虽然与疏花水柏枝的表现有所不同，但作用和原理是一致的。也同许多先前的研究结果类似（Johansson 等，1996；Nilsson 等，2002；Boedeltje 等，2003）。

Erica（1998）以 12 个番荔枝科（Annonaceae）物种为材料，研究了本科种子的解剖特征结构，结果发现，在 *Bocagea*，*Bocageopsis*，*Unonopsis*，木瓣树属 *Xylopia* 和番荔枝属 *Annona* 等属的几个湿地物种的种子中都表现有珠孔区域的结构特殊性，即在珠孔和胚根之间存在由于薄壁细胞死亡而形成的断裂层（rupture layer），并认为这种断裂层与种子的发芽相适应，有利于胚根的伸出，但没有分析这种结构同水媒环境的关联。疏花水柏枝种子的结构同 Erica（1998）的研究结果很相似，但本文认为这种断层结构的存在，不仅仅有利于根的伸出，还应该存在另外的 3 种作用：1）增加种子的浮力，提高种子水播效率；2）疏花水柏枝种子萌发过程是一个高度需氧的过程，断层能够充当根尖分生组织的“储氧罐”；3）可以在胚根生长点之前的位置形成气泡，在漂流过程

中隔离水分，防止分生细胞浸水死亡。

疏花水柏枝胚根生长点后存在的栅栏细胞在一般植物中少见报道，其作用有待研究，因为细胞间隙方向与发芽时胚根伸出方向一致，因此可能与减少胚根伸出时的阻力有关联，也可能具有保护胚根生长点分生细胞的功能。

在胚内具有贯穿胚根、胚轴、胚芽和子叶的中央维管束（central vascular strand），子叶中该网络不能延及的地方还存在局部的输导系统，这些都能促进胚萌发时的物质运输。然而，必须特别指出的是，在显微镜下观察疏花水柏枝种子的切片时，很多切向切面上看不到维管系统的存在，这说明中央维管束在种子内延伸的范围是有限的，而且子叶细胞线状纵列时存在很大列间隙，这种现象无疑对种子萌发时物质的运输，特别是子叶外围的营养物质向胚体的横向运输有很大的限制作用。加上种子内没有胚乳，种子较小，不难想象种子内营养物质的储备并不多，这些都有可能成为疏花水柏枝种子寿命很短的原因。

可见物种性状的进化并不是平行的，种子可以形成细胞列隙减少比重，以增大浮力，从而扩大水播效率。然而，却又限制了内部物质的转运，减少了胚体寿命，最后反过来削减了物种扩散的实际空间尺度。所以，植物物种适应策略的自然选择和它的效果之间也存在着反馈作用，是生物进化过程中的一对矛盾的统一体。

致谢 湖北大学生命科学院杨建明教授为本文付出了艰辛的劳动和不倦的指导。

〔参考文献〕

Boedeltje G, Bakker JP, Bekker RM *et al.*, 2003. Plant dispersal in a lowland stream in relation to occurrence and three specific life-history traits of the species in the species pool [J]. *J Ecol*, **91**: 855—866

Chen FQ, Xie ZQ, 2007. Reproductive allocation, seed dispersal and germination of *Myricaria laxiflora*, an endangered species in the Three Gorges Reservoir area [J]. *Plant Ecol*, **191**: 67

Erica S, 1998. Seed morphology and anatomy in some Annonaceae [J]. *Plant Syst Evol*, **209**: 177—204

Goodwin BJ, McAllister AJ, Fahrig L, 1999. Predicting invasiveness of plant species based on biological information [J]. *Conserv Biol*, **13**: 422—426

Higgins SI, Nathan R, Cain ML, 2003. Are long-distance dispersal events in plants usually caused by nonstandard means of dispersal? [J]. *Ecology*, **84**: 1945—1956

Hiroki N, Nakanishi, 2002. Splash seed dispersal by raindrops [J]. *Ecol Res*, **17**: 663—671

Hiroshi K, Ryouji S, Kojitakayama D, 2006. Consequences of hydrochory in *Hibiscus* [J]. *Plant Species Biol*, **21**: 127—133

Hua L (**华丽**), Zhang DY (**张道远**), Pan BR (**潘伯荣**), 2004. Molecular systematics of *Tamarix* and *Myricaria* in China inferred from ITS sequence data [J]. *Acta Bot Yunnan* (**云南植物研究**), **26** (3): 283—289

Jansson R, Zinko U, Merritt DM *et al.*, 2005. Hydrochory increases riparian plant species richness: a comparison between a free-flowing and a regulated river [J]. *J Ecol*, **93**: 1094—1103

Johansson ME, Nilsson C, Nilsson E, 1996. Do rivers function as corridors for plant dispersal? [J]. *J Vegetation Sci*, **7**: 593—598

Lopez OR, 2001. Seed flotation and postflooding germination in tropical terra firme and seasonally flooded forest species [J]. *Functional Ecol*, **15**: 763—771

Murray D, 1986. Seed dispersal by water [A]. In: Murray DR ed. Seed Dispersal [M]. Australia: Academic Press, 49—85

Nakanishi H, 1985. Dispersal ecology of the maritime plants in the Ryukyu Islands, Japan [J]. *Jap J Ecol*, **35**: 85—92

Nakanishi H, 1988. Geobotanical and ecological studies on three semi-mangrove plants in Japan [J]. *Ecol Res*, **3**: 163—173

Nilsson C, Andersson E, Merritt D *et al.*, 2002. Differences in riparian flora between riverbanks and river lakeshores explained by dispersal traits [J]. *Ecology*, **83**: 2878—2887

Perrins JO, Williamson M, Fitter A, 1992. Do annual weeds have predictable characters [J]. *Acta Oecol International J Ecol*, **13**: 517—533

Pysek P, Hulme PE, 2005. Spatio-temporal dynamics of plant invasions: linking pattern to process [J]. *Ecoscience*, **12**: 302—315

Sculthorpe CD, 1967. The Biology of Aquatic Vascular Plants [M]. London: Edward Arnold

Thompson K, Hodgson JG, Rich TCG, 1995. Native and alien invasive plants: more of the same? [J]. *Ecography*, **18**: 390—402

Van der Pijl L, 1972. Principles of Dispersal in Higher Plants [M]. New York: Springer-Verlag

Wei Y (**魏岩**), Tan DY (**谭敦炎**), Yin LK (**尹林克**), 1999. The discussions on the anatomical structure of leaf and ITS Taxonomic relationship of Tamaricaceae in China [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin* (**西北植物学报**), **19** (1): 113—118

Williamson M, Fitter A, 1996. The varying success of invaders [J]. *Ecology*, **77**: 1661—1666

Zhang YM (**张元明**), Pan BR (**潘伯荣**), Yin LK (**尹林克**), 1998. Seed morphology of Tamaricaceae in China arid areas and its systematic evolution [J]. *J Plant Res Environ* (**植物资源与环境**), **7** (2): 22—27

Zhang YM (**张元明**), Pan BR (**潘伯荣**), Yin Lk (**尹林克**) *et al.*, 2001. The research history of the family Tamaricaceae [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin* (**西北植物学报**), **21** (4): 796—804